

220t/h 循环流化床

锅 炉 说 明 书

目 录

一、锅炉基本特性.....	3
1、主要工作参数.....	3
2、设计燃料.....	3
3、安装和运行条件.....	4
4、锅炉基本尺寸.....	4
二、锅炉结构简述.....	5
1. 炉膛水冷壁.....	5
2. 高效蜗壳式汽冷旋风分离器.....	7
3. 锅筒及锅筒内部设备.....	7
4. 燃烧设备.....	8
5. 过热器系统及其调温装置.....	11
6. 省煤器.....	11
7. 空气预热器.....	12
8. 锅炉范围内管道.....	12
9. 吹灰装置.....	12
10. 密封装置.....	12
11. 炉墙.....	13
12. 构架.....	13
13. 膨胀系统.....	14
14. 锅炉水压试验.....	14
15. 锅炉过程监控.....	14
三、性能说明.....	16

一、锅炉基本特性

1、主要工作参数

额定蒸发量	220 t/h
额定蒸汽温度	540 ℃
额定蒸汽压力（表压）	9.8 MPa
给水温度	215 ℃
锅炉排烟温度	~140 ℃
排污率	≤2 %
空气预热器进风温度	20 ℃
锅炉计算热效率	90.5 %
锅炉保证热效率	90%
燃料消耗量	41.7 t/h
石灰石消耗量	585 kg/h
一次热风温度	200 ℃
二次热风温度	210 ℃
一、二次风量比	55：45
循环倍率	25~30
脱硫效率（钙硫摩尔比为 2.5 时）	≥ 70 %

2、设计燃料

（1）煤种及煤质

锅炉设计煤种为褐煤，校核煤种为烟煤

名 称	符 号	单 位	设计煤种	校核煤种
碳（收到基）	Car	%	43.97	46.15
氢（收到基）	Har	%	3.07	2.69
氧（收到基）	Oar	%	11.96	5.77
氮（收到基）	Nar	%	0.7	0.58
硫（收到基）	St. ar	%	0.17	0.27
灰份（收到基）	Aar	%	9.43	39.7
水份（收到基）	Mar	%	30.7	4.81
干燥无灰基挥发份	Vdaf	%	47.1	35
低位发热量	Qnet. ar	KJ/kg	14570	18840

低位发热量	Qnet. ar	kcal/kg	3480	4500
-------	----------	---------	------	------

煤的入炉粒度要求：粒度范围 0~10mm，50%切割粒径 $d_{50}=2\text{mm}$ ，详见附图。

(2) 点火及助燃用油

锅炉点火用油：甲醇和甲醇油

(3) 石灰石特性

石灰石纯度分析

名 称	符 号	单 位	数 值
烧失重		%	42.59
氧化铝	Al_2O_3	%	1.11
氧化硅	SiO_2	%	1.98
氧化镁	MgO	%	15.6
氧化钙	CaO	%	52.23
氧化铁	Fe_2O_3	%	0.53

颗粒度0-1mm. $d_{50}=0.25\text{mm}$.

3、安装和运行条件

地震烈度

里氏 6 度，按 7 度设防。

锅炉给水满足 GB/T12145 《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》标准。

4、锅炉基本尺寸

炉膛宽度（两侧水冷壁中心线间距离）	8770mm
炉膛深度（前后水冷壁中心线间距离）	6610mm
炉膛顶棚管标高	37600mm
锅筒中心线标高	41000mm
锅炉最高点标高	45000mm
运转层标高	8000mm
操作层标高	5400mm
锅炉宽度（两侧柱间中心距离）	23000mm
锅炉深度（柱 Z_1 与柱 Z_4 之间距离）	27600mm

二、锅炉结构简述

锅炉为高温高压，单锅筒横置式，单炉膛，自然循环，全悬吊结构，全钢架 π 型布置。在运转层 8m 标高设置钢平台。炉膛采用膜式水冷壁，锅炉中部是蜗壳式汽冷旋风分离器，尾部竖井烟道布置两级三组对流过热器，过热器下方布置三组省煤器及一、二次风各二组空气预热器。

本锅炉采用中国科学院工程热物理研究所的循环流化床燃烧技术，结合我公司多年来生产循环流化床锅炉的经验，是双方合作开发的新一代产品。在燃烧系统中，给煤机将煤送入落煤管进入炉膛，锅炉燃烧所需空气分别由一、二次风机提供。一次风机送出的空气经一次风空气预热器预热后由左右两侧风道引入炉下水冷风室，通过水冷布风板上的风帽进入燃烧室；二次风机送出的风经二次风空气预热器预热后，通过分布在炉膛前后墙上的喷口喷入炉膛，补充空气，加强扰动与混合。燃料和空气在炉膛内流化状态下掺混燃烧，并与受热面进行热交换。炉膛内的烟气(携带大量未燃尽碳粒子)在炉膛上部进一步燃烧放热。离开炉膛并夹带大量物料的烟气经蜗壳式汽冷旋风分离器之后，绝大部分物料被分离出来，经返料器返回炉膛，实现循环燃烧。分离后的烟气经转向室、高温过热器、低温过热器、省煤器、一、二次风空气预热器由尾部烟道排出。由于采用了循环流化床燃烧方式，通过向炉内添加石灰石，能显著降低烟气中 SO_2 的排放，采用低温和空气分级供风的燃烧技术能够显著抑制 NO_x 的生成。其灰渣活性好，具有较高的综合利用价值，因而它更能适合日益严格的国家环保要求。

锅炉的水、汽侧流程如下：

给水经过水平布置的三组省煤器加热后进入锅筒。锅筒内的锅水由集中下降管、分配管进入水冷壁下集箱、上升管、炉内水冷屏、上集箱，然后从引出管进入锅筒。锅筒内设有汽水分离装置。饱和蒸汽从锅筒顶部的蒸汽连接管引至汽冷旋风分离器，然后依次经过尾部汽冷包墙管、低温过热器、一级喷水减温器、炉内屏式过热器、二级喷水减温器、高温过热器，最后将合格的过热蒸汽引向汽轮机。

1. 炉膛水冷壁

考虑到合理的炉膛流化速度，炉膛断面尺寸设计成 $8770 \text{ mm} \times 6610 \text{ mm}$ ，炉

膛四周由管子和扁钢焊成全密封膜式水冷壁。前后及两侧水冷壁分别各有 109- $\phi 60 \times 5$ 与 82- $\phi 51 \times 5$ 根管子。前后水冷壁下部密相区处的管子与垂直线成一夹角，构成上大下小的锥体。锥体底部是水冷布风板，布风板下面由后水冷壁管片向前弯与二侧墙组成水冷风室。布风板至炉膛顶部高度为 29.7 m，炉膛烟气截面流速 4.9m/s。

后水冷壁上部两侧管子在炉膛出口处向分离器侧外突出形成导流加速段，下部锥体处部分管子对称让出二只返料口。前水冷壁下方有 4 只加煤口，侧水冷壁下部设置供检修用的专用人孔，炉膛密相区前后侧水冷壁还布置有两排二次风喷口。

前、后、侧水冷壁分成四个循环回路，由锅筒底部水空间引出 3 根 $\phi 325 \times 25$ 集中下降管，通过 18 根 $\phi 159 \times 12$ 的分散下降管向炉膛水冷壁供水。其中两侧水冷壁下集箱分别由 3 根分散下降管引入，前后墙水冷壁下集箱分别由 6 根分散下降管引入。两侧水冷壁上集箱相应各有 3 根 $\phi 159 \times 12$ 连接管引至锅筒，前后墙水冷壁上集箱有 12 根 $\phi 159 \times 12$ 引出。2 片水冷屏则各有从锅筒引出的一根 $\phi 219 \times 16$ 下降管供水，再分别由 2 根 $\phi 159 \times 12$ 的引出管引至锅筒。

水冷壁系统的集箱除前后上集箱合并成 $\phi 325$ 的集箱外，其余均为 $\phi 219 \times 25$ 。

炉膛水冷壁回路特性表：

回 路		前、后水冷壁	侧水冷壁	水冷屏
上升管根数与规格	$n-\phi \times s$	$2 \times 109-\phi 60 \times 5$	$2 \times 82-\phi 51 \times 5$	$2 \times 26-\phi 60 \times 5$
水连接管根数与规格	$n-\phi \times s$	$2 \times 6-\phi 159 \times 12$	$2 \times 3-\phi 159 \times 12$	$2 \times 1-\phi 219 \times 16$
汽水引出管根数与规格	$n-\phi \times s$	$12-\phi 159 \times 12$	$2 \times 3-\phi 159 \times 12$	$2 \times 2-\phi 159 \times 12$
下降管根数与规格	$n-\phi \times s$	$3-\phi 325 \times 25$		
水连接管与上升管截面之比	%	0.401	0.40	0.538
引出管与上升管截面之比	%	0.401	0.40	0.561

水冷壁、集箱、连接管的材料均为 20G/GB5310。

为了运行、检修需要;水冷壁上设置了人孔、看火孔、温度测点、炉膛压力测量孔，水冷壁顶部设置了 6 只检修绳孔。

整个水冷壁重量由水冷壁上集箱的吊杆装置悬吊在顶板上，锅炉运行时水冷壁向下热膨胀，最大膨胀量 157mm。

2. 高效蜗壳式汽冷旋风分离器

(1) 分离器是循环流化床锅炉的重要组成部分，本锅炉采用的是中科院工程热物理研究所的高效蜗壳式汽冷旋风分离器专利技术，在炉膛出口并列布置两只汽冷旋风分离器，分离器直径 $\Phi 4400\text{mm}$ ，用 $\Phi 38\times 6$ 的管子和鳍片组成膜式壁作为旋风分离器的外壳，并采用蜗壳进口的方式形成结构独特的旋风分离器。具有分离效率高和强化燃烧的优点。旋风分离器将被烟气夹带离开炉膛的物料分离下来。通过返料口返回炉膛，烟气则流向尾部对流受热面。整个物料分离和返料回路的工作温度为 950°C 左右。

(2) 包覆分离器的汽冷受热面能够有效吸收物料后燃所产生的热量，防止返料器内高温结焦，扩大煤种的适应性，同时由于耐火层薄还可以缩短锅炉的启动时间。

(3) 分离器内表面焊有密排抓钉，并浇注一层 60mm 厚的特种耐磨可塑料，使整个分离器的内表面得到保护，从而使分离器具有较长的使用寿命。

(4) 分离器出口管采用高温耐热合金制造，材质为 $1\text{Cr}25\text{Ni}20$ 。

(5) 分离器入口开设检修门，并保证其密封性。

(6) 返料器和立管内设有热电偶插孔及观察窗，以监视物料流动情况。

(7) 汽冷旋风分离器做为过热器受热面的一部分。

3. 锅筒及锅筒内部设备

锅筒内径 $\Phi 1600\text{mm}$ ，厚度为 100mm ，封头厚度为 100mm ，筒身长约 12000mm ，全长约 13800mm ，材料为 $\text{P}355\text{GH}(19\text{Mn}6)$ 。

锅筒正常水位在锅筒中心线以下 180mm ，最高水位和最低水位离正常水位各 50mm 。

锅筒内采用单段蒸发系统布置有旋风分离器、清洗孔板和顶部百叶窗等内部设备。

锅筒给水管座采用套管结构，避免进入锅筒的给水与温度较高的锅筒壁直接接触，降低锅筒壁温温差与热应力。

锅筒内装有44只直径为 $\Phi 315\text{mm}$ 的旋风分离器，分前后两排沿锅筒筒身全长布置，汽水混合物采用分集箱式系统引入旋风分离器。每只旋风分离器平均负荷为5吨/时。

汽水混合物切向进入旋风分离器，进行一次分离，汽水分离后蒸汽向上流

动经旋风分离器顶部的梯形波形板分离器，进入锅筒的汽空间进行重力分离，然后蒸汽通过清洗孔板以降低蒸汽中携带的盐份和硅酸根含量，经过清洗后的蒸汽再经过顶部百叶窗和多孔板又进行二次汽水分离，最后通过锅筒顶部饱和蒸汽引出管进入过热器系统。清洗水量取百分之百的锅筒给水，清洗后的水进入锅筒的水空间。

为防止大口径下降管入口产生旋涡和造成下降管带汽，在下降管入口处装有栅格及十字板。

此外，为保证良好的蒸汽品质，在锅筒内装有磷酸盐加药管和连续排污管为防止锅筒满水，还装有紧急放水管。

锅筒上设有上下壁温的测量点，在锅炉启动点火升压过程中，锅筒上下壁温差允许最大不得超过 50°C 。同样，启动前锅炉上水时为避免锅筒产生较大的热应力，进水温度不得超过 70°C ，并且上水速度不能太快，尤其在进水初期更应缓慢。

锅筒采用两个 U 型曲链片吊架，悬吊在顶板梁下，吊点对称布置在锅筒两端，相距 8770mm。

4. 燃烧设备

燃烧设备主要有给煤装置、布风装置、排渣装置、给石灰石装置、布风装置和点火系统及返料回灰系统。

(1) 给煤装置

给煤装置为 4 台给煤机。本台锅炉的给煤机由业主采购，长度和设计院配合后最终确定。由于给煤机是锅炉最重要的辅机设备之一，直接影响到锅炉的正常运行，因此在选型时，要给予足够的重视。

给煤机与落煤管通过膨胀节相连，解决给煤机与炉膛水冷壁之间的膨胀差(膨胀值 137mm)。给煤装置的给煤量能够满足在二台给煤装置故障时，其余 2 台给煤装置仍能保证锅炉 100%额定出力。一定粒度的燃煤经给煤机进入布置在前墙的四根间距为 $\sim 2\text{m}$ 的落煤管，落煤管上端有送煤风，下端靠近水冷壁处有播煤风，给煤借助自身重力和引入的送煤风沿着落煤管滑落到下端在距布风板 1800 处进入炉膛。给煤量通过改变给煤机的转速来调整，给煤机内通入一次风冷风作为密封风，由于给煤管内为正压（约有 4000Pa 的正压），给煤机必须具有良好的密封，并应在给煤机上设置密封风。

播煤风管连接在每个落煤管的端口，并应配备风门以控制入口风量。

（2）布风装置

风室由向前弯的后水冷壁及两侧水冷壁组成，风室内浇注 100mm 厚的中质保温混凝土。防止点火时鳍片超温，并降低风室内的水冷度。

燃烧室一次风从左右两侧风道引入风室。风室与炉膛被布风板相隔，布风板系水冷壁与扁钢焊制而成，布风板的横断面为 8770×3200 ，其上均匀布置有 943 只风帽。一次风通过这些风帽均匀进入炉膛，流化床料。风帽采用耐磨耐高温合金，风帽横向纵向节距均为 160 mm。为了保护布风板，布风板上的耐火浇注料厚度为 150 mm。

（3）排渣装置

煤燃烧后的灰分别以底渣形式从炉膛底部排出和以飞灰形式从尾部排出。煤的种类、粒度和成灰特性等会影响底渣和飞灰所占份额。就本锅炉设计煤种和粒度要求而言，按底渣占总灰量的 30%及粒度 0.1~10mm、飞灰占总灰量的 70%及粒度 0~0.1mm 来设计。

底渣从水冷布风板上的三根 $\phi 219$ 水冷放渣管排出炉膛，三根水冷放渣管均接冷渣机，每台冷渣机按 6t/h 冷渣量配置，水冷放渣管中的水参与锅炉水循环，不需另接冷却水源。

底渣通过冷却输送装置，可实现连续排渣。出渣量以维持合适的风室压力为准。通常运行时的风室压力为 13000Pa。一般来讲定期排渣的大渣含碳量较低，能小于 1.5%，而连续排渣的大渣含碳量会有所升高。

（4）给石灰石

本台锅炉按添加石灰石脱硫设计，石灰石通过气力输送经二次风口送入炉膛或落煤管下部播煤风口进入炉膛。脱硫的石灰石耗量每小时 585 千克，按钙硫比 2.5 计算，脱硫效率为 70%。

（5）二次风装置

二次风通过分布在炉膛前后墙上的二次风管喷嘴分别送入炉膛下部不同高度的空间。喷口风速 $> 70\text{m/s}$ 。运行时二次风压一般不小于 6000Pa

为了精确控制风量组织燃烧，一、二次风总管上均应由设计院设计电动风门及测风装置。

(6) 床下点火燃烧器

两台床下点火燃烧器并列布置在炉膛水冷风室后侧。由点火油枪、高能电子点火器及火检装置组成。点火油枪为机械雾化，燃料为 0#轻柴油。每支油枪出力 900kg/h，油压 2.5Mpa，油枪所需助燃空气为一次风。空气和油燃烧后形成 850℃左右的热烟气。从水冷风室上的布风板均匀送入炉膛。为了便于了解油枪点火情况，点火燃烧器设有观察孔。本台锅炉能满足程控点火要求，并有火检装置，其中火检探头的冷却采用仪表风（压缩空气）吹扫。

点火用油量及风量：

点火油压：	2.5MPa
每只油枪喷油量：	Q=900Kg/h
点火总风量	55000m ³ /h
其中混合风	17150m ³ /h

点火启动时，风室内温度监视采用直读式数字温度计，冷态启动时间一般 5 小时。

锅炉冷态启动顺序如下：首先在流化床内加装启动惰性床料，粒径 0~5mm，并且使床料保持在微流化状态，启动高能点火器，把油点燃，850℃左右的热烟气通过水冷布风板进入流化床，加热床料。床料在流化状态下升至 500℃以上，维持稳定后开始投煤。可先断续少量给煤，当床料温度持续上升后，加大给煤量并连续给煤直到锅炉启动完毕。

(7) 返料回灰系统

旋风分离器下接有返料器，均由钢外壳与耐火材料衬里组成，耐火材料分内、外二层结构，里层为高强度耐磨浇注料，外层为保温浇注料。

返料器内的松动风与返料风采用高压冷风，由小风帽送入，松动风与返料风的风帽开孔数量有差别，返料风大，松动风小，并采用分风室送风。小风帽的材质为 ZGCr25Ni20，入口风管母管上要装设流量计、压力计和风量调节阀门。运行时总风量 581 Nm³/h，其中返料风总风量 372 Nm³/h。启动时设计风量 1221 Nm³/h，其中返料风量 784 Nm³/h。返料器上设置一个启动床料加入口，尺寸 Φ 219×5，运行中同时也可以作为飞灰再循环管路中飞灰的加入口，返料器的布风板还设有一根 Φ 108×6 放灰管。

5. 过热器系统及其调温装置

锅炉采用辐射和对流相结合，并配以二级喷水减温器的过热器系统。

饱和蒸汽从锅筒由 4 根 $\Phi 159 \times 12$ 的管子引至分离器前导流加速段包墙的入口集箱，经过管径 $\Phi 60$ 的包墙管至出口集箱，再由导汽管引入旋风分离器下环行集箱，蒸汽经膜式壁上行到上环行集箱后引至尾部包墙的两侧上集箱，随后下行，流经两侧过热器包墙。再由转角集箱进入前包墙、顶包墙和后包墙（包墙管均为 $\Phi 51 \times 5$ ），后包墙出口下集箱作为低温过热器入口集箱，低温过热器 $\Phi 38 \times 5$ 光管顺列布置。为减少磨损，一方面控制烟速，另一方面加盖防磨盖板。过热蒸汽从低温过热器出来后，经连接管进入一级喷水减温器进行粗调，减温可以通过调节减温水量来实现。过热蒸汽经一级减温后进入屏式过热器，屏式过热器布置在炉膛上部，采用 $\Phi 42 \times 6$ ，12Cr1MoVG 的管子，wing-wall 结构形式，使屏过不会产生磨损，再经连接管后引至二级喷水减温器进行细调，最后经高温过热器加热后引入出口集箱，高温过热器采用 $\Phi 38 \times 5$ ，12Cr1MoVG 与 SA213-T91 的管子。两级减温器的喷水量分别为 7t/h、9.5t/h。减温水调节范围控制在减温水设计值的 50~150%以内。主蒸汽出口电动闸阀 $P_{w54}14V$ 、DN250。

防磨结构上采用如下布置形式：

- （1）低温过热器管均采用顺列布置，第 1 排管子加防磨盖板，弯头也有防磨板，防止磨损。
- （2）屏式过热器采用膜式过热器，仅受烟气纵向冲刷，在屏过热器的下部浇注耐磨浇注料，距布风板距离大于 15 米。屏式过热器处的烟速为 4.89 m/s。
- （3）高温过热器处的烟速为 10.8m/s，低温过热器处的烟速为 9.38 m/s。

6. 省煤器

- （1）尾部竖井烟道中设有三组省煤器，具有较好的抗磨性能。省煤器管的材质为 20G/GB5310 高压锅炉管。
- （2）省煤器管束最上排装设防磨盖板，蛇形管每个弯头与四周墙壁间装设防磨罩。省煤器的平均烟气流速控制在 7.84m/s 左右。
- （3）在锅筒和下级省煤器之间设有再循环管道，以确保锅炉在启动过程中省煤器有必要的冷却。
- （4）锅炉尾部烟道内的省煤器管组之间，均留有人孔门，以供检修之用。

(5) 省煤器出口集箱设有排放空气的管座和阀门,省煤器入口集箱上设有两只串联 DN20 的放水阀,并设由 DN100 的酸洗阀,酸洗阀在酸洗结束后与本体解列。

7. 空气预热器

(1) 在省煤器后布置 6 组空气预热器,分别加热一次风和二次风,采用卧式顺列布置。两组之间均留有 800 mm 以上的空间,便于检修和更换。

(2) 空气预热器管子迎风面前三排管子采用 $\Phi 42 \times 3$ 的厚壁管。

(3) 每级空气预热器及相应的连通箱均采用全焊接的密封框架,以确保空气预热器的严密性。

8. 锅炉范围内管道

本锅炉给水操纵台的布置及给水操纵台至省煤器的管路由设计院布置,我公司提供阀门。

给水操纵台为三路管道给水,其中主给水管路采用国产优质给水调节阀。

给水通过给水操纵台从锅炉右侧引入省煤器进口集箱。

锅筒上装有各种监督、控制装置,如装有两只高读双色水位表,二个低读电接点水位表,三组供自控用单室平衡容器。二只安全阀以及压力表、连续排污管、紧急放水管、加药管、再循环管、自用蒸汽管等管座。

定期排污设在集中下降管下端以及各水冷壁下集箱。

主汽集箱上装有生火和反冲洗管路,2 个安全阀,以及压力表、疏水、放气、旁路等管座。

此外,在减温器和主汽集箱上均装有供监测和自控用的热电偶插座。为了监督运行,装设了给水、锅水、饱和蒸汽和过热蒸汽取样装置。

在主汽集箱的左端装有电动闸阀,作为主蒸汽出口阀门。

9. 吹灰装置

为了清除受热面上的积灰,保证锅炉的效率和出力,本锅炉在尾部烟道侧墙预留了吹灰管孔,吹灰器由用户配置。

10. 密封装置

本锅炉的顶棚管及包墙管分别采用 $\Phi 60 \times 5$ 和 $\Phi 51 \times 5$ 的管子与扁钢焊接组装成膜式壁出厂,工地安装时再将各组件拼接在一起构成与炉膛水冷壁一样的全密封型壁面。尾部烟道对流过热器蛇行管穿出处,管子上加护罩与密封罩焊接,以加强密封效果。

顶棚管、水冷风室与侧水冷壁之间的密封采用密封填块加焊折板的结构。工地安装时应尽量在地面组装时将密封填块先焊好。

分离器与炉膛及尾部烟道之间的联接、水冷屏、屏式过热器穿过炉顶处均采用耐高温非金属膨胀节。返料器上下端采用耐高温不锈钢金属膨胀节。

11. 炉墙

炉膛、汽冷分离器及尾部包墙均采用膜式壁结构，管壁外侧为保温材料并罩上梯形波纹外护板。炉墙上设有人孔门、观察孔和测量孔。炉膛内密相区四周、分离器内、料腿、返料器等磨损严重区域采用敷设高温耐磨浇注料、可塑料、内衬等措施。分离器出口联接烟道、省煤器外采用轻型护板炉墙。

炉墙厚度如下：

炉膛和包墙管：	200mm
顶棚：	200mm
分离器出口联接烟道：	350mm
省煤器：	240mm

12. 构架

锅炉为紧身封闭布置，锅炉本体采用全钢构架，构架承受以下主要荷载：锅炉前部、中部、尾部的全部悬吊重量，尾部的支撑重量，锅炉本体管道和检修的有效荷载，锅炉房范围内各汽水管道烟风管道、运转层平台的局部荷载，司水小室、锅炉紧身封闭及炉顶单轨吊的荷载。

(1) 各承重梁的挠度与本身跨度的比值不超过以下数值：

大板梁：	1/850
次梁：	1/750
一般梁：	1/500
空气预热器支撑大梁：	1/1000

(2) 平台和扶梯为栅格式，有足够的强度和刚度，运转层大平台的活荷载为 8KN/m^2 ；检修平台的活荷载为 4KN/m^2 ；其余各层平台的活荷载为 2.5KN/m^2 ；扶梯的活荷载 2KN/m^2 ，平台宽度 1m，栏杆高度 1.2m。护脚板高度 $\geq 100\text{mm}$ ，扶梯斜度 45° ，扶梯宽度 800 mm。平台、楼梯已按运行和检修需要设置，兼顾到避开锅炉本体管道、烟风道、空气预热器等部件能抽出检修。

(3) 锅炉钢结构采用框架式全钢结构，以适应 7 度地震区域。

(4) 锅炉各部件及相互之间有一定的膨胀间隙,可防止受热面由于膨胀受约束而变形。

(5) 水冷壁四周外侧沿高度方向设置刚性梁,增加膜式壁刚度及承受炉内压力波动的能力,刚性梁设计按 8.7KPa 考虑。

(6) 本体炉墙范围的外护板设计采用 0.6mm 厚的彩色钢板板。波纹板之间采用拉铆钉结构连接固定。

13. 膨胀系统

根据锅炉结构布置及支承系统设置膨胀中心,锅炉炉膛水冷壁、旋风分离器及尾部包墙全部悬吊在顶板上,由上向下膨胀,整台锅炉由前向后设置三个膨胀中心:炉膛后墙中心线、旋风分离器中心线及尾部烟道中心线。炉膛左右方向通过刚性梁平台与刚性梁间的限位装置,使其以锅炉中心线为零点向左右两侧膨胀,旋风分离器立管标高为 15.7m 上设置导向装置,让分离器分别向下、向外膨胀,尾部受热面则通过刚性梁上的限位装置使其以锅炉对称中心线为零点向两侧膨胀,空气预热器则以自己的支承面为基础向上、向前及向两侧膨胀。

14. 锅炉水压试验

锅炉整体水压试验压力为 13.5Mpa,水压试验水温为 30~70℃,环境温度在 5℃ 以上,水压试验的升压速度 $\geq 0.3\text{MPa/min}$,水压结束后,泄压速度 $\geq 0.5\text{MPa/min}$ 。

15. 锅炉过程监控

循环流化床锅炉与煤粉相比,在汽水侧的控制方式上基本相同。但在燃烧控制上却存在很大差异。差异最大的是循环流化床锅炉特有的循环物料的监测调节及联锁保护。

循环流化床锅炉属于低温燃烧,它的火焰特征比煤粉炉差的很多。所以,它不设置炉膛火焰监视系统(床下油点火装置例外)。而更注重对炉膛的床温、床压的控制,以及风煤比的监视、调节与联锁保护,注重对影响物料流化、循环、燃烧的各股风量的监控,从而确保建立一个稳定的循环量,保证锅炉的燃烧与灰平衡、热平衡。

在热工控制方面,CFB 锅炉有别于煤粉锅炉的主要方面有:

1. 闭环控制系统增加了下列内容:

(1) 床温调节系统:

(2) 床压调节系统;

(3) SO₂排放调节系统;

2. 联锁保护系统添加了以下功能:

(1) 主燃料跳闸联锁增加一次风量低于最小值(炉内床料流化丧失)、高压风机出口压力低于最小值(回料阀物料流化丧失)以及风、燃料比低于最低值达 2min 以上等反映热物料循环破坏而引起主燃料跳闸的条件。

(2) 增设投切燃料的床温联锁功能(相当于煤粉锅炉的投煤粉喷嘴的点火能量支持条件)。

(3) 炉膛清扫逻辑中增加了“停炉后,若床温足够高时,可以不经过炉膛清扫直接复归 MFT 继电器”功能,以此充分利用了 CFB 锅炉热物料的蓄热,不经炉膛清扫直接热态启动。

(4) 当出现分离器入口或出口烟温大于 480℃的情况,由于 CFB 炉内存在大量的热物料,若汽包水位过低跳闸时,会造成水冷壁冷却不足;若过热器流量小于 10%,且出入口汽压降小于 11KPa 时,会造成过热器冷却不够,这两种状况都会引起过热保护动作,即将一次风机入口导叶关至 0,且将风量主控切至手动。

(5) 由于 CFB 锅炉的风机数量多,它的风机联锁更加复杂。

3. 监测系统中的一些参数测量难度较大

(1) 床温测量;

(2) 床压测量;

(3) 用于流化、燃烧的各个风量的测量。

本锅炉燃烧系统调控的基本原则是:按负荷要求调整给煤量;调煤的原则是加煤前先加风,减煤后再减风。按负荷、煤和氧量调一、二次风总风量,一次风保证物料流化和维持一定的物料循环量,通过调整一、二次风比例控制炉膛温度,调整引风机开度控制炉膛出口的负压值。

除常规煤粉锅炉的自动或联锁保护装置外,根据循环流化床锅炉的特点,增加以下要求:

(1) 料层压差—将布风板下风室压力和密相区顶部压力接入压差计,作为燃烧控制和排渣的一项参数。

(2) 悬浮段差压—将密相区顶部压力和炉膛出口压力接入差压计, 作为锅炉循环物料量控制的一项参数。

(3) 密相区内安装带有防磨套管的热电偶来监视温度, 热电偶露出炉墙的长度为 150~200mm, 在控制室内用数字显示温度。

三、性能说明

本锅炉除前述基本特点, 还具有以下特殊性能:

1. 超负荷能力

本锅炉在设计时充分考虑了锅炉的超负荷能力, 锅炉铭牌蒸发量为 220 t/h。

2. 调温能力

为保证锅炉蒸发量在 100%B-MCR 范围内、过热汽温达到 540℃, 同时兼顾超负荷时调节能力, 本锅炉设计最大喷水量可达 24.8 t/h, 额定负荷时约为 16.5 t/h。当负荷低于 50%可在保证燃烧稳定的前提下通过适当加大风量, 提高炉膛出口过剩空气系数 α 使汽温达到要求。(额定负荷时 $\alpha=1.2$)

3. 负荷能力

本锅炉的设计煤种为褐煤, 在燃用设计煤种时锅炉能够在 30~100%额定负荷范围内稳定燃烧。

4. 锅炉投产调试运行半年后的第一年, 年利用小时不低于 6500 小时, 以后年平均运行小时 ≥ 8000 小时。

5. 在钙硫摩尔比 2.5:1 时, 保证锅炉脱硫效率 $\geq 70\%$, 脱硫后的排放 172mg/Nm³

6. 锅炉飞灰含碳量 $< 7\%$, 炉渣含碳量 $< 2\%$ 。

7. 锅炉 NO_x 的排放 $< 200\text{mg}/\text{Nm}^3$

8. 锅炉尾部粉尘排放浓度 (脱硫) 17.8g/Nm³

9. 烟、空气量:

(1) 一次风量: 119500 Nm³/h; 一次风压: 15500Pa。

(2) 二次风量: 97700 Nm³/h; 二次风压: 9600Pa。

(3) 引风量: 246800 Nm³/h; 锅炉本体阻力: 4600Pa。

(4) 返料风流化风机风量: 2000Nm³/h, 风压: 50000Pa; 返料风机数量为三只, 两开一备。

10. 锅炉蒸汽侧阻力 1.0MPa, 水侧阻力 0.3MPa (含重位压差), 省煤器进口压

力为 11.1MPa。

11. 锅炉水压试验水容积 114.7m³，正常运行水容积 68.4m³。

以上计算未考虑备用系数；选择风机时还应考虑风道及除尘器的阻力和烟、风道的漏风量。

四、附表与附图

220t/h CFB 热力计算汇总表 1 (100%负荷, 设计煤质)

序号	项目名称	符号	单位	数据来源	结果
----	------	----	----	------	----

锅炉设计参数

1	额定蒸发量	D	t/h	设计数据	220
2	额定蒸汽压力	P	MPa	设计数据	9.8
3	额定蒸汽温度	T	℃	设计数据	540
4	汽包工作压力	Pd	MPa	设计数据	10.8
5	给水温度	tgs	℃	设计数据	215

锅炉设计煤质

1	收到基碳	Car	%	设计数据	43.97
2	收到基氢	Har	%	设计数据	3.07
3	收到基氧	Oar	%	设计数据	11.96
4	收到基氮	Nar	%	设计数据	0.7
5	收到基硫	Sar	%	设计数据	0.17
6	收到基灰分	Aar	%	设计数据	9.43
7	收到基水分	Mt,ar	%	设计数据	30.7
8	干燥无灰基挥发份	Vdaf	%	设计数据	47.1
9	收到基低位发热量	Qnet,ar	kcal/kg	设计数据	3480

锅炉各部件出口过剩空气系数

1	炉膛漏风系数	$\Delta \alpha_l$		设计数据	0
2	炉膛出口过量空气系数	α''_l		计算结果	1.20
3	旋风筒漏风系数	$\Delta \alpha_{cl}$		设计数据	0
4	旋风筒出口过量空气系数	α''_{cl}		计算结果	1.20
5	高过漏风系数	$\Delta \alpha_{gr}$		设计数据	0
6	高过出口过量空气系数	α''_{gr}		计算结果	1.20
7	低过漏风系数	$\Delta \alpha_{dr}$		设计数据	0
8	低过出口过量空气系数	α''_{dr}		计算结果	1.20
9	省煤器漏风系数	$\Delta \alpha_{sm}$		设计数据	0.00
10	省煤器出口过量空气系数	α''_{sm}		计算结果	1.20
11	空预器漏风系数	$\Delta \alpha_k$		设计数据	0.03
12	空预器出口过量空气系数	α''_k		计算结果	1.23

锅炉热效率

1	冷空气温度	tlk	℃	设计数据	20
2	一次热风温度	trk1	℃	设计数据	200
3	二次热风温度	trk2	℃	设计数据	210
4	排烟温度	θ_{py}	℃	设计数据	140
5	排烟损失	q2	%	计算结果	7.69

6	气体不完全燃烧损失	q3	%	计算结果	0.05
7	固体不完全燃烧损失	q4	%	计算结果	1.26
8	散热损失	q5	%	计算结果	0.50
9	灰渣物理热损失	q6	%	计算结果	0.00
10	总热损失	qe	%	计算结果	9.50
11	锅炉热效率	η	%	计算结果	90.50
12	锅炉保证热效率	η_b	%	计算结果	90
13	保热系数	ϕ		计算结果	0.995
14	锅炉有效利用热量	Qyx	kcal/h	计算结果	1.34E+08
15	燃料消耗量	B	kg/h	计算结果	42306
16	计算燃料消耗量	Bj	kg/h	计算结果	41785

锅炉负荷

1	锅炉体积热负荷	qv	kW/m ³	计算结果	90.1
2	锅炉截面热负荷	qs	kW/m ²	计算结果	2937.8

锅炉第 I 级减温 (低温过热器出口)

1	减温器喷水量	Djw1	kg/h	计算结果	7000
2	减温器减温能力	Δt	°C	设计数据	25

锅炉第 II 级减温 (屏式过热器出口)

1	减温器喷水量	Djw2	kg/h	计算结果	9500
2	减温器减温能力	Δt	°C	设计数据	39.5

锅炉烟风流量

1	空预器出口烟气量	Qpy	Nm ³ /h	计算结果	247400
2	空预器进口一次风量	Q1	Nm ³ /h	计算结果	119500
3	空预器进口二次风量	Q2	Nm ³ /h	计算结果	97700

锅炉灰渣流量 (不脱硫)

1	灰渣总流量	M	kg/h	计算结果	3990
2	炉膛底渣量占总灰量比例	R		计算结果	0.00
3	底渣流量	Ms	kg/h	计算结果	0
4	飞灰流量	Mf	kg/h	计算结果	3990

锅炉灰渣流量 (脱硫)

1	灰渣总流量	M	kg/h	计算结果	4575
2	炉膛底渣量占总灰量比例	R		计算结果	0.00
3	底渣流量	Ms	kg/h	计算结果	0
4	飞灰流量	Mf	kg/h	计算结果	4575

锅炉 SO₂ 流量

1	原始排放	Eo	mg/Nm ³	计算结果	574
2	脱硫后的排放	E	mg/Nm ³	计算结果	172
3	脱硫效率	η	%	计算结果	70.0
4	脱硫石灰石流量	Be	kg/h	计算结果	585

5	钙硫比	Ca/S	/	计算结果	2.5
---	-----	------	---	------	-----

锅炉 NO_x 排放

1	原始排放	E ₀	mg/Nm ³	计算结果	200
---	------	----------------	--------------------	------	-----

锅炉尾部粉尘排放浓度

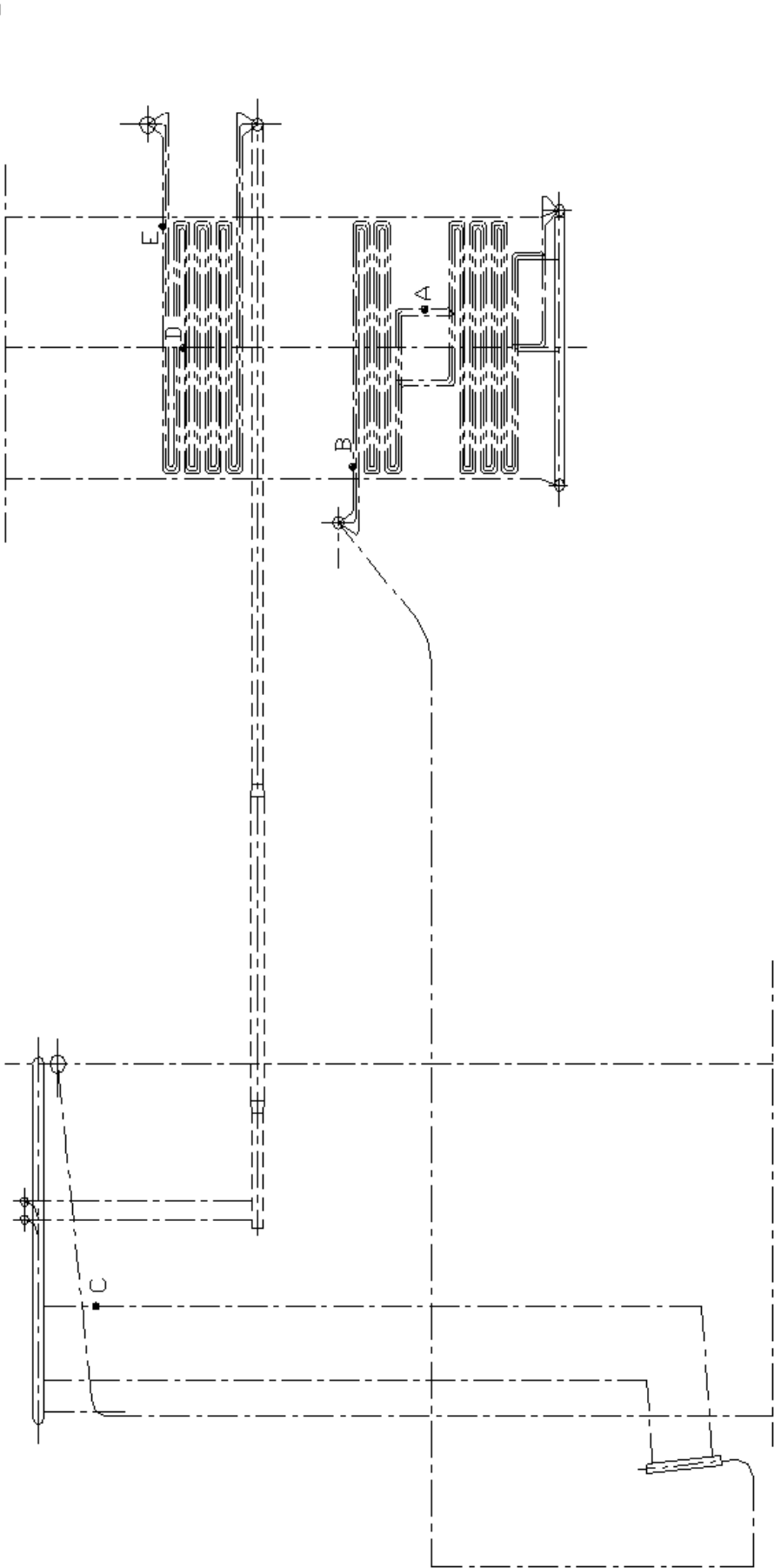
1	不脱硫粉尘排放浓度	E ₀	g/Nm ³	计算结果	15.5
2	脱硫粉尘排放浓度	E	g/Nm ³	计算结果	17.8

220t/h CFB 热力计算汇总表 (设计煤质, 100%负荷)

序号	名 称	符号	单位	炉膛	汽冷旋风筒	转向室	高过	屏过	低过	省煤器	空预器
1	管子外径	d	mm	60	38	51	38	42	38	32	40
2	管子壁厚	s	mm	5	6	5	5	6	5	4	1.5
3	横向节距	S1	mm	80		100	100	60	100	86	65
4	纵向节距	S2	mm				72		72	45	60
5	横向管子排数	Z1	排		144		80	25	80	92	121
6	纵向管子排数	Z2	排				30		39	80	126
7	受热面积	H	m ²	972	145	361	1250	204	2530	3005	8056
8	烟气流速	Wy	m/s	4.89			10.8		9.38	7.84	9.18
9	工质流速	Wg	m/s			9.69	13.3		9.28	0.83	18.08
10	质量流速	D	kg/m ² s		408	521	451	923	422		
11	烟气进口温度	θ'	℃		854.6	843.7	780.4	854.5	650.4	522.4	291.3
12	烟气出口温度	θ''	℃	854.6	843.7	780.4	650.4	854.5	522.4	291.3	140
13	工质进口温度	t'	℃	318.8	318.8	346.2	452	416.4	368.9	215	20
14	工质出口温度	t''	℃	318.8	346.2	368.9	540	492.4	441.5	310.4	210
15	传热系数	K	kcal/m ² h.℃			56.8	49.5		37.8	26.3	19.2
16	工质吸热量	Q	kcal/kg	1542.0	198.1	113.8	297.5	264.7	275.6	499.8	311

2、过热器壁温计算结果

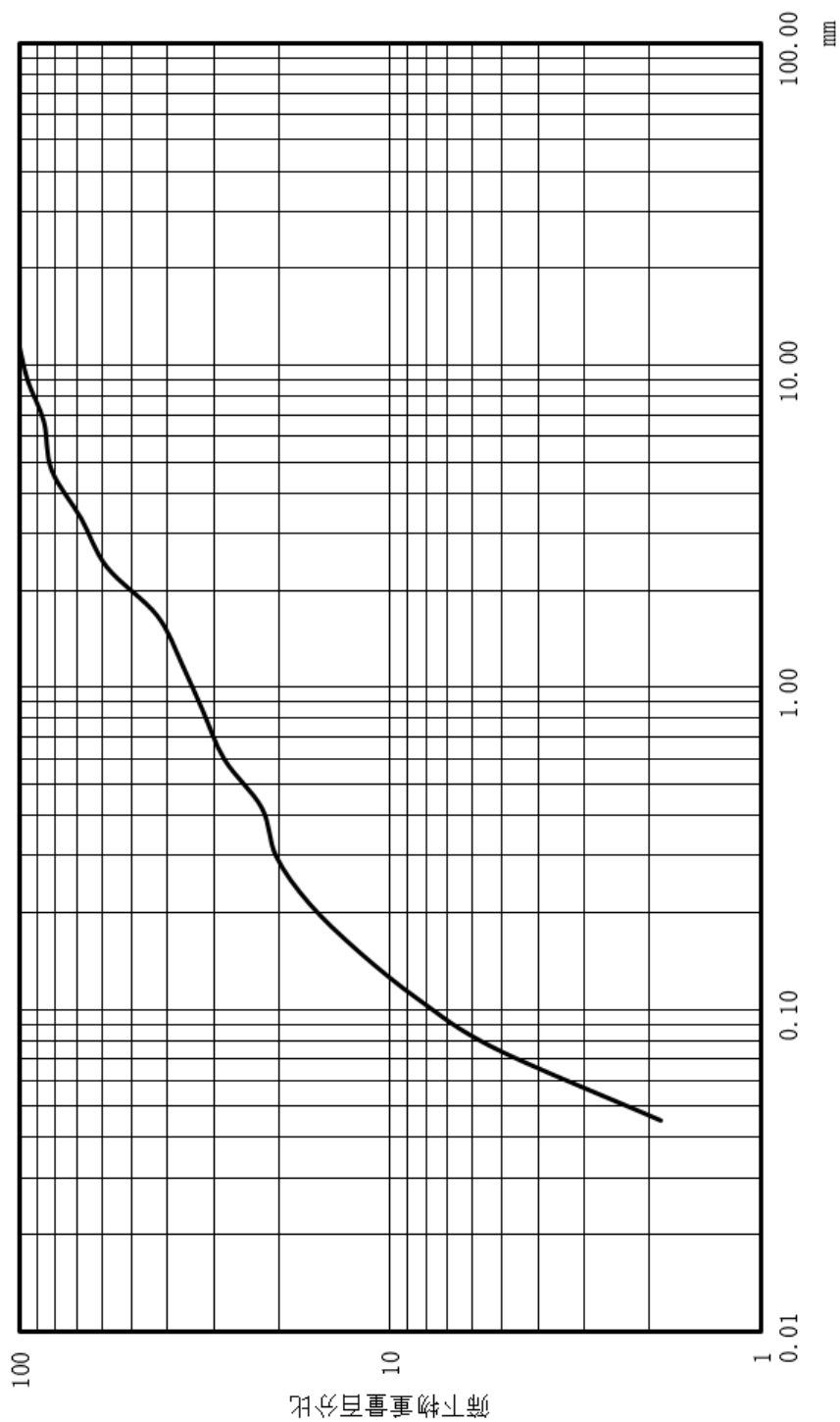
位置 ²	A ²	B ²	C ²	D ²	E ²
壁温 (°C) ²	409 ²	472 ²	495 ²	542 ²	587 ²
钢材最高使用温度 (°C) ²	480 (20G) ²	560 (15CrMoG) ²	580 (12Cr1MoVG) ²		600 (SA213-T91) ²



3、燃煤粒度分布曲线



燃煤粒度分布



4、石灰石粒度分布曲线

